

$$\sum_{i=1}^n V_e = 1,15 + 0,44 + 0,44 + 1 + 0,35 + 0,36 + 0,56 + 0,55 + 0,46 + 1 + 0,6 + 0,44 + 0,41 +$$

$$+ 0,26 + 0,39 + 0,26 + 0,52 + 0,24 + 0,37 + 0,61 + 0,74 + 0,27 = 11,42 \text{ мм/с}$$

$$\sum V_{ei}^2 = 1,32 + 0,19 + 0,19 + 1 + 0,12 + 0,13 + 0,31 + 0,3 + 0,21 + 1 + 0,36 + 0,19 + 0,1 +$$

$$+ 0,07 + 0,27 + 0,06 + 0,14 + 0,37 + 0,54 + 0,07 = 7,26 \text{ мм/с}$$

Приведенные расчеты представляют виброскорость в качестве нормативного значения для подшипников верхнего ряда сушильных цилиндров равной 4 мм/с, для подшипников нижнего ряда цилиндров - равной 1,4 мм/с. В подшипниках цилиндров 2 и 25 повышенная вибрация и необходимо принять меры для ее устранения.

Список литературы

1. Вибродиагностика, триботехника, вибрация и шум: монографический сб./ Под ред. А.А. Санникова, Н.В. Куцубиной. – Екатеринбург: Уральск. гос. лесотехн. ун-т, 2009. – 416 с.
2. ГОСТ 26493-85. Вибрация. Технологическое оборудование целлюлозно-бумажного производства. Нормы вибрации. Технические требования. – Введ. 1986.07.01. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 8 с.

УДК 676.056.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В СУШИЛЬНЫХ ЦИЛИНДРАХ ПРИ ТЕМПЕРАТУРНОМ ДИАГНОСТИРОВАНИИ

Радинская К. П.¹, Сиваков В.П.¹, Куцубина Н.В.¹
¹ФГБОУ ВО Уральский государственный лесотехнический
 университет, г. Екатеринбург

Ключевые слова: сушильный цилиндр, конденсат, теплопередача, торцовые крышки, допустимая температура, теплоизоляция.

Аннотация. В данной работе экспериментально и теоретически исследованы тепловые потери через торцевые крышки и от повышенного содержания конденсата в сушильном цилиндре. Рассмотрена экономия греющего пара при теплоизоляции торцевых крышек.

DETERMINATION OF HEAT LOSS IN THE DRYING CYLINDERS AT TEMPERATURE DIAGNOSTICS

Radinskaya K.P.¹, Sivakov V.P.¹, Kutsubina N.V.¹
¹Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg

Key words: drying cylinder, condensate, heat transfer, end caps, permissible temperature, thermal insulation.

Abstract. In this work, the heat losses through the end caps and from the increased content of condensate in the drying cylinder are studied experimentally and theoretically. The saving of heating steam with thermal insulation of end caps is considered.

Сушильные цилиндры (СЦ) предназначены для контактной сушки полотна бумаги. Контактная сушка полотна происходит только по части боковой поверхности СЦ охватываемой бумагой. Часть боковой поверхности СЦ, не контактируемая с полотном бумаги, а также поверхность торцевых крышек соприкасается с воздухом и не рационально использует тепловую энергию. Тепло отведённое от торцевых крышек можно рассматривать как тепловые потери. Отметим, что в литературных источниках по тепловым процессам в ЦБП [1,2] поверхность торцевых крышек, при определении поверхности СЦ соприкасающейся с воздухом

хом, не учитывают в предположении, что они будут защищены теплоизоляцией. Но СЦ бумагоделательных машин РФ за редким исключением, не имеют теплоизоляцию торцевых крышек. Пароконденсатная система СЦ большинства бумагоделательных машин имеет групповую систему теплоснабжения. Дроссельные шайбы, выпускающие из СЦ конденсат и пролетный пар, имеют нерегулируемый условный подход. При изменении теплового и гидравлического режимов пароконденсатной системы дроссельные шайбы не обеспечивают пропорционально подачу пара и удаление конденсата в отдельных СЦ, что приводит к накоплению конденсата и к снижению теплоотдачи от греющего пара к стенке СЦ.

Измерение температуры торцевых крышек СЦ производили при установившейся рабочей скорости машины с лицевой стороны. Съем показаний температуры выполняли на расстоянии 0,75 радиуса от оси вращения (рисунок 1). Измерение температуры произведено пирометром Tem Pro 300 с диапазоном съема показаний: $-50^{\circ}\text{C} \dots +380^{\circ}\text{C}$. Поверхности торцевых крышек СЦ в местах измерения температуры очистили от загрязнений. Луч пирометра при измерении направляли под прямым углом к поверхности торцевой крышки. Расстояние от пирометра до поверхности крышки принято 0,8...1,0м.

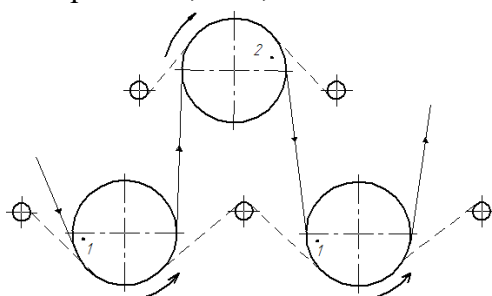


Рисунок 1– Схема контрольных точек измерений температур СЦ, где 1 – точка измерения температуры торцевой крышки СЦ нижнего ряда, 2 – верхнего ряда

Измерение температуры в каждой точке производили 3 раза с интервалом в 2 минуты. В таблицы данных измерения температуры в каждой точке внесли среднее арифметическое значение \bar{t}_k , среднее квадратичное отклонение S_k и допустимые уровни температуры $T_{k_{\min}}$ и $T_{k_{\max}}$. Экспериментальное исследование температуры выполнено у торцевых крышек СЦ с №12 по №22 и с №45 по №56.

Результаты исследований температура торцовых крышек СЦ II сушильной группы по пару с лицевой стороны в рабочем режиме: среднее арифметическое $\bar{t}_{II} = 67^{\circ}\text{C}$; среднее квадратичное отклонение $S_{II} = 9,4^{\circ}\text{C}$; допустимые уровни температуры: $T_{II_{\min}} = 49,8^{\circ}\text{C}$; $T_{II_{\max}} = 84,1^{\circ}\text{C}$. Результаты исследований температуры торцовых крышек СЦ I сушильной группы по пару с лицевой стороны в рабочем режиме: среднее арифметическое $\bar{t}_I = 93^{\circ}\text{C}$; среднее квадратичное отклонение $S_I = 10,6^{\circ}\text{C}$; допустимые уровни температуры: $T_{I_{\min}} = 74,2^{\circ}\text{C}$; $T_{I_{\max}} = 112,1^{\circ}\text{C}$.

Статистические характеристики температур торцевых крышек определены отдельно для каждой группы СЦ по пару.

График температур СЦ второй и первой группы по пару показаны на рисунках 2, 3. Из рисунка 2 следует, что СЦ второй группы имеют температуру поверхности не выходящую за границы допустимых уровней с преобладанием смещения температур к T_{\min} .

СЦ первой группы по пару (рисунок 3) более высокий уровень расчетных характеристик по сравнению со второй группой. СЦ № 51 имеет температуру поверхности 72°C , СЦ №56 – температуру 71°C , что ниже допустимого уровня $T_{I_{\min}} = 74,2^{\circ}\text{C}$.

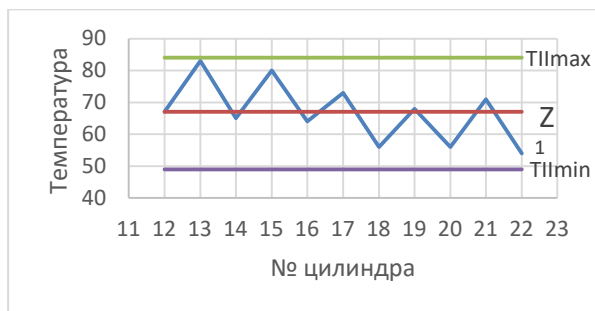


Рисунок 2 – Температура СЦ второй сушильной группы по пару: 1 – график измеренных значений температур СЦ; Z – среднее арифметическое значение температур, T_{IImin} и T_{IImax} – допустимые уровни температур

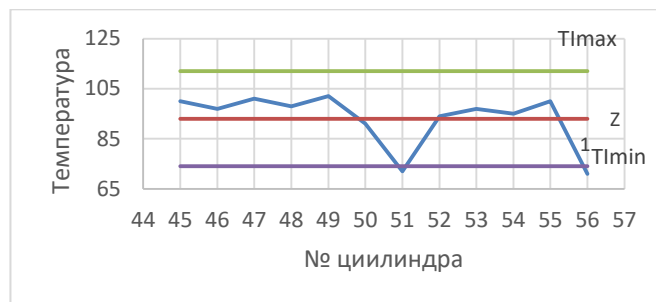


Рисунок 3 – Температура СЦ первой сушильной группы по пару: 1 – график измеренных значений температур СЦ; Z – среднее арифметическое значение температур, T_{Imin} и T_{Imax} – допустимые уровни температур

Поэтому следует проверить исправность пароконденсатной системы этих цилиндров при плановом останове бумагоделательной машины.

В СЦ скоростных БДМ конденсат, образующийся при охлаждении пара на внутренней поверхности, подвержен воздействию сил тяжести (G) и центробежных сил ($F_{ц}$) [2,3]. Движение конденсата на внутренней поверхности СЦ от действия сил тяжести и центробежных сил принципиально отличается от его движения по внутренней поверхности торцевых крышек. От действия сил G и $F_{ц}$ на внутренние стенки СЦ происходит образование конденсатного кольца. Оно значительно снижет теплопередачу от греющего пара к стенке СЦ и снижает эффективность контактной сушки бумажного полотна [2,4]. Совместное действие сил G и $F_{ц}$ на пленку конденсата, образующегося на внутренней поверхности торцевой крышки СЦ в работах [1,2,3] не исследовано. Из опыта работы тарельчатых дозаторов сыпучих и «псевдоожиженных» материалов [5] известно, что от совместного действия центробежных сил и силы тяжести частицы материалы перемещаются в направлении от оси вращения к периметру. Частицы конденсата и в целом конденсатная пленка, образующаяся при конденсации пара на внутренней поверхности торцевых крышек, аналогично псевдоожиженным материалам имеют движение от оси вращения к периметру, ограниченному внутренним радиусом СЦ. Другими словами, конденсат от действия центробежных сил движется с торцевых крышек в радиальном направлении от оси к боковой поверхности цилиндра, увеличивая толщину конденсатного кольца и уменьшая толщину конденсатной пленки на внутренней поверхности торцевых крышек.

На внутренней поверхности торцевых крышек из-за малой толщины пленки конденсата происходит более интенсивная конденсация греющего пара и нагрев поверхности по сравнению с внутренней боковой поверхностью СЦ. Тепловой поток от торцевых крышек направлен перпендикулярно от зоны контактной сушки бумаги на станины, стенки теплоизоляционного колпака атмосферу зала БДМ. Тепло, передаваемое окружающему воздуху от торцевых крышек СЦ, можно рассматривать как тепловые потери. Рассмотрим экономию греющего пара, расходуемого на сушку полотна бумаги, при установке теплоизоляции торцевых крышек. Боковую поверхность сушильного цилиндра определяем по формуле

$$F_{\bar{G}} = \pi DL = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 6,8 = 32 \text{ м}^2,$$

где D – диаметр сушильного цилиндра; L – длина сушильного цилиндра.

Боковая поверхность сушильного цилиндра, соприкасающаяся с воздухом

$$F_{\bar{G},\beta} = \frac{1-\beta}{\beta} \cdot F_{\bar{G}} = \frac{1-0,569}{0,569} \cdot 32 = 24,2 \text{ м}^2,$$

где $\beta=0,569$ – средний коэффициент использования боковой поверхности сушильного цилиндра.

Поверхность торцевых крышек сушильного цилиндра, соприкасающаяся с воздухом

$$F_K = z \cdot \frac{\pi D^2}{4} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,5^2}{4} = 3,53 \text{ м}^2,$$

где $z=2$ – количество торцевых крышек.

Общая поверхность сушильного цилиндра, соприкасающаяся с воздухом равна

$$F_{ц.о} = F_{б.б} + F_K = 24,2 + 3,53 = 27,73 \text{ м}^2.$$

Коэффициент теплопередачи поверхности торцевых крышек можно уменьшить их теплоизоляцией. Например, теплоизоляция минеральной ватой, уменьшаемой коэффициент теплопередачи (k) в 4 раза [2]. Сокращение тепловых потерь при теплоизоляции торцевых крышек сушильного цилиндра пропорционально сокращению поверхности контакта не теплоизолированных торцевых крышек с воздухом. Пропорциональную поверхность теплопередачи торцевых крышек после теплоизоляции определяем по формуле

$$F_{км} = z \cdot \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{1}{k} = 2 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,5^2}{4} \cdot \frac{1}{4} = 0,88 \text{ м}^2,$$

где $k=4$ – коэффициент теплопередачи.

Расчет тепловых потерь без теплоизоляции и с теплоизоляцией торцевых крышек выполнен по методике [1]. Было получено, что тепло Q_6 , отдаваемое СЦ без теплоизоляции торцевой крышки в окружающий воздух, равен 10600 кДж, а тепло $Q_{6т}$, отдаваемое СЦ с теплоизоляцией торцевой крышки равно 4900 кДж.

Часовая потеря тепла в окружающую среду после теплоизоляции торцевых крышек сушильного цилиндра составит 5700 кДж. Часовая экономия греющего пара при теплоизоляции торцевых крышек сушильного цилиндра [2] – $D = 146$ кг/ч.

Отметим, что тепловой поток от торцевых крышек сушильного цилиндра направлен, в основном на станины сушильной части и в зал бумагоделательной машины. Теплоизоляция торцевых крышек сушильных цилиндров, наряду с экономией пара, способствует созданию более комфортных температурных условий в зоне бумагоделательной машины для обслуживающего персонала.

По работе можно сделать выводы: выполнены экспериментальные измерения и рассчитаны допустимые уровни температур СЦ. По допустимым уровням температур обнаружены СЦ с повышенной температурой. Исследованы тепловые потери и определено снижение расхода пара в СЦ при теплоизоляции торцевых крышек.

Список литературы

1. Бушмелев В. А. Процессы и аппараты целлюлозно-бумажного производства : [Учебник для техникумов целлюлозно-бум. пром-сти] / В. А. Бушмелев, Н. С. Вольман. - 2-е изд., испр. и доп. – М.: Лесная пром-сть, 1969. - 408 с.
2. Жучков П.А. Тепловые процессы в целлюлозно - бумажном производстве / П. А. Жучков. - М.: Лесная пром-сть, 1978. - 408 с.
3. Леонович А.А., Сиваков В.П., Вураско А.В. Основы научных исследований в химической и химико-механической переработке растительного сырья: учеб. Пособие. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. - 137 с.
4. Куров В.С., Кокушин Н.Н. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. Бумаго- и картоноделательные машины: Учеб. пособие / Под ред. В.С. Курова, Н. Н. Кокушина. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2006. 588 с.
5. Технологическое оборудование, оснастка и основы проектирования упаковочных производств: Учебное пособие / А.И. Веселов, И.А. Веселова. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 262 с.: 60х90 1/16. - (Высшее образование).